SNI 8461:2017

Standar Nasional Indonesia

Metode uji kekerasan leeb untuk besi dan baja

Standard test method for leeb hardness testing of steel products

(ASTM A956-12,IDT)

ICS 77.040.10; 91.100.01

Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang metode uji kekerasan leeb untuk besi dan baja, merupakan adopsi identik dari ASTM A956-12, *Standard test method forleeb hardness testing of steel products*.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada SubkomiteTeknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 19 Mei 2016 di Bandung oleh Subkomite Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 20 September 2017 sampai dengan 20 Oktober 2017, , dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan dokumen dimaksud, disarankan bagi pengguna standar untuk menggunakan dokumen SNI yang dicetak dengan tinta berwarna.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen Standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Pendahuluan

Pada konstruksi sipil, khususnya jembatan, sering terjadi kegagalan struktur yang di sebabkan oleh cacat material baja. Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanis dari baja. Pengujian kekerasan secara umum digunakan untuk proses inspeksi dan kontrol, ketika terdapat keraguan tentang penerimaan material baja dari pemasok terkait dengan spesifikasi yang telah disepakati.

Standar ini meliputicara menentukan nilai kekerasan leeb untuk baja, baja cor, dan besi cor, termasuk cara untuk verifikasi pengujian kekerasan dengan menggunakan alat leeb, dan uji kalibrasi blok standar. Pengujian leeb menggunakan metode pemantulan (semakin tinggi pantulan semakin keras material yang kita uji).

Metode ini mengukur kehilangan energi kinetik pada saat terjadi tumbukan, sehingga dianggap sebagai cara dinamis. Ketepatan uji leeb bergantung pada kondisi yang baik seperti : pengujian kekasaran permukaan, ketebalan dan masa benda uji.

Cara uji kekerasan leeb untuk besi dan baja

1 Ruang lingkup

1.1 Standar ini menetapkan penentuan nilai kekerasan leeb untuk baja, baja cor, dan besi cor (Bagian A), termasuk cara untuk verifikasi alat untuk pengujian kekerasanleeb (Bagian B), dan uji kalibrasi blok standar(Bagian C).
CATATAN 1-Judul asli dari standar ini adalah "Standard Test Metode untuk Equotip Kekerasan Pengujian Produk Baja "0,1

1.2 Nilai-nilai yang dinyatakan dalam satuan inci-pound dianggap sebagai standar. Nilai yang diberikan dalam kurung merupakan konversi matematika ke dalam satuan SI yang diberikan sebagai informasi saja dan tidak dianggap sebagai nilai standar.

1.3 Standar ini tidak bertujuan untuk menginformasikan semua hal yang menyangkut dengan keamanan penggunaan. Hal ini merupakan tanggung jawab pengguna standar untuk membuat keamanan yang layak dan penggunaan yang baik serta menerapkan batasan peraturan sebelum penggunaan.

2 Acuan normatif

2.1 Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan standar ini.

Standar ASTM: E691,*Standard practice for conducting an interlaboratory study to determine the precision of a test method.*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan standar ini, istilah dan definisi berikut digunakan :

3.1
angka kekerasan leeb
angka yang nilainya sama dengan perbandingan antara kecepatan pantulan dengan kecepatan tumbukan dari 3 mm atau 5 mm (berdasarkan jenis alat tumbukan yang dipakai) diameter tungsten karbida berbentuk bola, silikon nitrida atau *diamond tipped impact body*, dikalikan dengan 1000.

$$L = \frac{Kecepatan\ Pantul}{Kecepatan\ Tumbukan} \times 1000$$

angka kekerasan leeb diberi simbol HL dengan satu atau lebih akhiran yang menunjukkan jenis perangkat tumbukan.

3.2
kalibrasi
penentuan nilai-nilai parameter yang signifikan dari alat yang digunakan dengan membandingkan pada nilai yang dijadikan sebagai acuan dari alat standar.

3.3
permukaan akhir
semua acuan mengenai permukaan akhir pada metode uji ini didefinisikan sebagai kekasaran permukaan (yaitu Ra = rata-rata nilai kekasaran, AA = aritmatika rata-rata).

3.4
ujikekerasan leeb
metode uji kekerasan dinamis dengan menggunakan peralatan terkalibrasi yang menumbukkan tungsten karbida berbentuk bola, silicon nitrida atau *diamond tipped body* dengan kecepatan yang tetap (dihasilkan oleh gaya pegas) ke bagian permukaan yang diuji. Perbandingan kecepatan pantulan dengan kecepatan tumbukan adalah nilai kekerasan benda yang diuji.

3.5
verifikasi
pemeriksaan atau pengujian peralatan untuk memastikan kesesuaian dengan metode uji ini.

4 Ringkasan cara uji

4.1 Selama uji kekerasan, *impact body* bertumbukan yang disebabkan gaya pegas pada permukaan uji ketika pantulan terjadi (tumbukan yang terjadi antara *impact body* dengan bola tungsten karbida, silicon nitrida, atau diamond tip). Kecepatan tumbukan dan pantulan diukur pada saat terjadi tumbukan yang berjarak sekitar 1 mm dari permukaan uji. Hal ini dicapai dengan cara memasang magnet secara permanen pada *impact body* yang bergerak melalui kumparan pada perangkat tumbukan dan menginduksi tegangan listrik pada kedua gerakan baik pantulan dan tumbukan selama pengujian. Tegangan induksi tersebut sebanding dengan masing - masing tumbukan dan kecepatan pantulan. Hasil bagi tersebut diukur dengan nilai tegangan yang berasal dari tumbukan dan kecepatan pantulan dengan dikalikan faktor 1000 sehingga menghasilkan angka yang merupakan nilai kekerasan leeb.

5 Arti dan kegunaan

5.1 Kekerasan material didefinisikan dengan tidak jelas yang memiliki banyak makna tergantung pada jenis pengujian yang dilakukan dan hasil yang diinginkan. Pengujian kekerasan dengan leeb adalah jenis uji dinamis atau jenis pantulan, terutama pada sifat plastis maupun sifat elastis dari bahan yang diuji. Hasil yang diperoleh merupakan indikasi dari kekuatan dan tergantung pada perlakuan panas material yang di uji.

5.2 Uji kekerasan leeb adalah penentuan dasar yang hanya mengukur kondisi permukaan yang bersentuhan. Hasil yang diperoleh pada lokasi titik yang di uji tidak mewakili bagian lokasi permukaan lainnya dan tidak menghasilkan informasi tentang material yang berada di bawah permukaan benda uji.

A. DESKRIPSI UMUM MENGENAI PERANGKAT DAN TATA CARA PENGUJIAN UNTUK PENGUJIAN KEKERASAN LEEB

6 Peralatan

6.1 Peralatan yang digunakan untuk pengujian kekerasan leeb terdiri atas (1) perangkat tumbukan yang dilengkapi dengan bola tungsten karbida, silicon nitrida atau bagian ujung tumbukan yang terbuat dari berlian, sebuah kumparan induksi untuk mengukur kecepatan yang dihasilkan, dan cincin dudukan, serta(2) sebuah layar elektronik untuk menampilkan indikator kekerasan.

6.2 Perangkat tumbukan - Terdapat delapan jenis perangkat tumbukan yang digunakan dalam pengujian kekerasan leeb. yaitu perangkat tumbukan D, DC, D + 15, DL, G, C, S dan satuan perangkat tumbukan E. Deskripsi singkat dari jenis perangkat dan aplikasi umum secara keseluruhan akan dijelaskan dalam Lampiran A1.

6.3 Lihat 8.1.1 saat mengganti komponen alat

7 Bagian uji

7.1 Bentuk dan Ukuran - Uji kekerasan leeb dapat digunakan untuk baja, baja cor, dan besi cor dengan berbagai bentuk dan ukuran.

7.2 Tebal dan Berat - Ketebalan dan berat potongan benda uji harus dipertimbangkan pada saat memilih perangkat tumbukan yang digunakan. Pedoman berikut merupakan ukuran yang disyaratkan sebagai berat dan ukuran minimum untuk memilih alat uji yang tepat. Potongan benda uji yang kurang dari bobot minimum atau ketebalan minimum membutuhkan dudukan untuk menahan tumbukan dari alat. Kegagalan untuk memberikan dudukan dan sambungan yang memadai akan menghasilkan hasil uji yang lebih rendah dari nilai kekerasan yang sebenarnya.

Perangkat Tumbukan	Berat (min) atau	Ketebalan (min)
D, DC, D+15, DL, S, E	15 lb (5 kg)	$^{1}/_{8}$ inci (3 mm)
G	40 lb (15 kg)	$^{3}/_{8}$ inci (10 mm)
C	4 lb (1.5 kg)	$^{1}/_{32}$ inci (1 mm)

Keterangan :

D, DC, D+15, DL, S, E, G, C = jenis-jenis perangkat tumbukan pada leeb

7.3 Lengkungan - Bagian uji dengan permukaan melengkung dapat diuji baik pada permukaan cembung maupun cekung dengan jari-jari kelengkungan dari benda uji yang sesuai dengan ukuran cincin dudukan dan tidak kurang dari 2 inci (50 mm) untuk perangkat tumbukan G atau $1\,^{3}/_{16}$ in (30 mm) untuk perangkat tumbukan lainnya.

7.4 Persiapan permukaan / persiapan akhir benda uji - Permukaan benda uji harus disiapkan secara hati-hati untuk menghindari perubahan kekerasan karena pemanasan selama pengasahan/*grinding* atau selama pengerasan dengan mesin. Semua cat, kerak air, lubang, atau pelapis permukaan lainnya harus benar-benar dibersihkan. Permukaan yang akan diuji harus rata. Kegagalan dalam pembersihan permukaan akan menghasilkan hasil uji yang meragukan. Permukaan akhir yang kasar akan cenderung menghasilkan nilai yang kecil. Persiapan permukaan ujidisarankan menggunakan mesin atau diratakan dan dipoles sampai menghasilkan kekasaran permukaan sebagai berikut : (ukuran gurinda disarankan untuk ditunjukkan pada setiap akhir pengujian, sebagai petunjuk untuk mencapai hasil akhir yang diharapkan)

Perangkat Tumbukan	Permukaan akhir – Ra (maks)	Ukuran Grit (kira-kira)
D, DC, D+15, DL, S, E	63 µin. (2 µm)	200
G	250 µin. (7 µm)	65
C	16 µin. (0.4 µm)	500

Keterangan :
D, DC, D+15, DL, S, E, G, C = jenis-jenis perangkat tumbukan pada leeb

7.5 Medan magnet - Kinerja uji kekerasan leeb pada bagian yang memiliki sisa medan magnet dapat mempengaruhi hasil. Disarankan bahwa setiap sisa medan magnet kurang dari 4G.

7.6 Getaran – Getaran dari benda uji dapat mempengaruhi hasil uji kekerasan leeb. Disarankan pengujian inidilakukanpada saat benda uji dalam keadaan diam.

7.7 Temperatur – temperatur dari benda uji akan mempengaruhi hasil uji. Selain itu, setiap material yang berbeda akan mempunyai temperatur yang berbeda. Temperatur benda uji yang disyaratkan pada metode ini antara 40°F (4°C) sampai dengan 100°F (38°C). Benda uji yang mempunyai temperatur di luar rentang tersebut maka harus dibuat koreksi temperatur pada material yang akan diuji.

8 Verifikasi alat

8.1 Cara Verifikasi - Sebelum berpindah lokasi titik pengujian, lama pengujian, atau penggunaan secara terus-menerus (1.000 tumbukan), alat harus diverifikasi, sebagaimana tercantum dalam Bagian B. Alat yang tidak memenuhi persyaratan Bagian B tidak boleh digunakan untuk melakukan pengujian.

8.1.1 Catatan penting : pada saat penggantian bagian peralatan yang digunakan pada pengujian kekerasan leeb, bagian yang diganti harus memiliki kesesuaian dengan peralatan yang memiliki kualitas yang sama. Apabila tidak, hasil pengujian kekerasan tidak sesuai. Hasil kalibrasi dengan menggunakan blok standar tunggal dapat diterima, tetapi apabila menggunakan blok yang tidak standar akan diperoleh nilai kekerasan yang tidak dapat diterima. Jika mengganti dengan menggunakan peralatan yang tidak asli, disarankan dilakukan verifikasi kalibrasi dengan menggunakan beberapa blok standar. Apabila satu kalibrasi menghasilkan nilai kekerasan yang sama dengan atau lebih rendah dari kekerasan minimum dan kalibrasi yang lain menghasilkan nilai kekerasan sama dengan atau lebih tinggi dari kekerasan maksimum, nilai kalibrasi yang diambil mendekati nilai tengah antara rentang maksimum dan minimum.

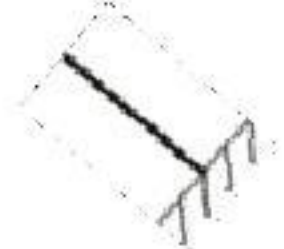
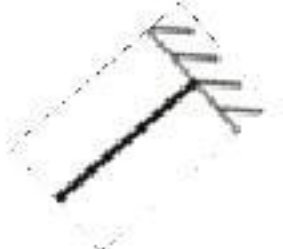
9 Prosedur

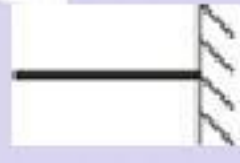
9.1 Metode Uji - Untuk melakukan uji kekerasan Leeb, perangkat tumbukan dihubungkan dengan perangkat indikator kemudian alat dihidupkan. Perangkat tumbukan, sementara tidak bersentuhan dengan benda uji, dipegang dengan menggunakan satu tangan dan *charging tube* ditekan dengan menggunakan tangan lain sampai terhubung. *Charging tube* diperbolehkan secara perlahan–lahan kembali ke posisi awal. *Impact body* dalam keadaan terisi atau terkunci. Setelah menempatkan perangkat tumbukan pada permukaan uji, tekan *impactbody* secara perlahan pada tombol pelepas. Nilai kekerasan leeb dibaca pada indikator alat.

9.2 Penyesuaian - Untuk menghindari kesalahan yang dihasilkan dari ketidaksesuain, dudukan dasar cincin dari perangkat tumbukan harus dipegang dengan tepat dan tegak lurus terhadap permukaan benda uji.

9.3 ArahTumbukan - perangkat tumbukan dikalibrasi terhadap arah tumbukanvertikal (tegak lurus permukaan yang horizontal). Untuk arah tumbukan lain seperti 45° dari bidang horizontal atau dari bawah, nilai kekerasan diukur dengan penyesuaian (lihat 10.2). Beberapa model baru otomatis mempertimbangkan arah pengujian.

9.4 Jarak Titik Tumbukan - Jarak antara dua titik tumbukan tidak kurang dari dua kali diameter tepi ke tepi. Jarak antara titik tumbukan dengan ujung benda uji tidak kurang dari tiga kali diameter tepi ke tepi. Tidak boleh ada titik yang ditumbuk lebih dari sekali.

9.5 Membaca hasil dari alat leeb - nilai kekerasan pada perangkat leeb dibaca secara langsung pada layar elektronik dari indikator alat. Nilai yang ditunjukkan secara otomatis akan diganti dengan hasil uji tumbukan berikutnya.

9.6 Jumlah Tumbukan - pengujian dilakukan dengan luas kira-kira 1 inci^2 (645 mm^2) dengan jumlah sepuluh tumbukan. Jika bahan yang diuji dianggap tidak homogen (misalnya besi cor) pengujian harus dilakukan dengan sepuluh kali tumbukan.

10 Perhitungan hasil kekerasan

10.1 Hasil uji kekerasan harus dirata-ratakan dari sepuluh pembacaan pada setiap tumbukan di daerah pengujian.

10.2 Koreksi hasil terhadap arah uji - Bila menggunakan alat leeb tanpa koreksi hasil otomatis terhadap arah uji, nilai koreksi terhadap arah tumbukan harus dikurangi dari nilai rata-rata yang ditentukan pada daerah pengujian. Nilai koreksi ini dapat ditentukan sebagaimana diatur dalam Tabel 1 sampai Tabel 8.

Tabel 1 - Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat D

L_D (perangkat tumbukan jenis D)				
300	-6	-12	-20	-29
350	-6	-12	-19	-27
400	-5	-11	-18	-25
450	-5	-10	-17	-24
500	-5	-10	-16	-22
550	-4	-9	-15	-20
600	-4	-8	-14	-19
650	-4	-8	-13	-18
700	-3	-7	-12	-17
750	-3	-6	-11	-16
800	-3	-6	-10	-15
850	-2	-5	-9	-14
900				

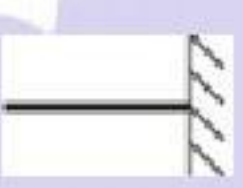
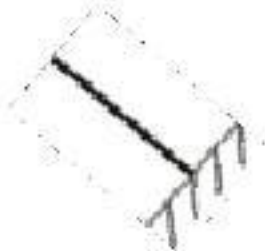
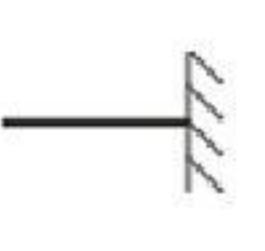
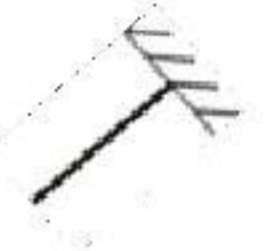
Tabel 2- Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat D+15

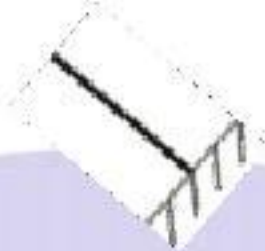
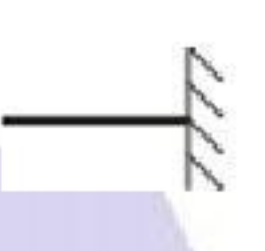
L_{D+15} (perangkat tumbukan jenis D+15)				
300	-7	-14	-26	-38
350	-7	-13	-25	-36
400	-6	-12	-23	-34
450	-6	-12	-22	-32
500	-6	-11	-21	-30
550	-6	-11	-20	-28
600	-5	-10	-19	-27
650	-5	-10	-18	-25
700	-5	-9	-17	-24
750	-4	-9	-16	-22
800	-4	-8	-15	-21
850	-4	-8	-14	-20
900				

Tabel 3- Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat E

L_E (perangkat tumbukan jenis E)				
300	-5	-9	-18	-26
350	-4	-9	-17	-24
400	-4	-9	-16	-22
450	-4	-8	-15	-21
500	-4	-8	-14	-20
550	-4	-8	-13	-18
600	-3	-7	-12	-17
650	-3	-7	-12	-16
700	-3	-6	-11	-15
750	-3	-6	-10	-14
800	-3	-5	-9	-13
850	-2	-5	-8	-12
900				

Tabel 4- Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat C

L_C (perangkat tumbukan jenis C)				
350	-7	-15	*A*	*A*
400	-7	-14		
450	-7	-13		
500	-6	-13		
550	-6	-12		
600	-6	-11		
650	-5	-10		
700	-5	-10		
750	-4	-9		
800	-4	-8		
850	-4	-7		
900	-3	-6		
950				

[A] Tidak Diizinkan

Tabel 5- Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat G (Baja)

L_G (perangkat tumbukan jenis G)				
300				
			-12	-18
350				
			-11	-17
400				
			-11	-16
450				
	-2	-5	-10	-15
500				
			-9	-14
550				
			-9	-13
600				
			-8	-12
650				
			-8	-11
700				
			-7	-10
750				

Tabel 6 Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat G (Besi Cor/ *Grey Cast Iron*)

L_G (perangkat tumbukan jenis G untuk besi cor)				
350				
			-11	-17
400				
			-11	-16
450				
	-2	-5	-10	-15
500				
			-9	-14
550				
			-9	-13
600				

Tabel 7- Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat DL

L_{DL} (perangkat tumbukan jenis DL)				
550				
	-3	-6	-11	-16
600				
	-3	-5	-9	-14
650				
	-2	-5	-8	-13
700				
	-2	-4	-7	-11
750				
	-2	-3	-6	-10
800				
	-1	-3	-5	-9
850				
	-1	-2	-4	-7
900				
	-1	-2	-3	-6
950				

Tabel 8- Nilai koreksi untuk arah tumbukan yang lain: Perangkat S

L_S (perangkat tumbukan jenis S)				
400				
	-4	-9	-16	-23
450				
	-4	-8	-15	-22
500				
	-4	-8	-14	-21
550				
	-4	-7	-13	-19
600				
	-3	-7	-12	-18
650				
	-3	-7	-12	-16
700				
	-3	-6	-11	-15
750				
	-3	-6	-10	-14
800				
	-3	-5	-9	-12
850				
	-2	-5	-8	-11
900				
	-2	-5	-7	-10
950				

Keterangan :

= 60^0

= -60^0

= 0^0

= $- 90^0$

11 Konversi untuk satuan kekerasan lain atau nilai kuat tarik

11.1 Tidak ada korelasi langsung antara prinsip pengujian kekerasan leeb dengan metode yang lain ataupun uji kuat tarik. Konversi terbaik yang bisa dilakukan adalah dengan cara perkiraan sehingga lebih baik dihindari kecuali untuk kasus - kasus khusus ketika terdapat dasar perkiraan yang bisa dipertanggungjawabkan dan diperlukan pengujian lain untuk mendapatkan nilai konversi yang tepat. Konversi tidak boleh dilakukan tanpa kesepakatan khusus antara pihak yang menentukan penggunaan metode pengujian ini dengan pihak yang melaksanakan pengujian ini.

12 Laporan

12.1 Informasi yang perlu dilaporkan:

12.2 Angka kekerasan leeb rata-rata untuk setiap area pegujian dengan perangkat tumbukan yang digunakan (contohnya : xxx HLD atau xxx HLD+15).

12.3 Ketika angka kekerasan yang dikonversi dari nilai leeb yang dilaporkan, perangkat yang digunakan harus dicantumkan dalam tanda kurung, contohnya: HB (HLG).

13 Ketepatan dan perkiraan

13.1 Ketepatan (Presisi):

13.1.1 Program Pengujian Antar laboratorium – sebuah program pengujian antar laboratorium yang diadakan untuk mendapatkan informasi mengenai ketepatan nilai kekerasan leeb. Delapan laboratorium yang diuji dengan lima blok standar tersertifikasi. Masing-masing laboratorium mengukur kekerasan setiap blok sebanyak 25 kali.

13.1.2 Hasil Pengujian – Informasi yang teliti yang diberikan di bawah ini adalah rata-rata dari lima blok pengujian tersertifikasi, setiap blok mempunyai nilai kekerasan yang berbeda.

13.1.3 Pengulangan dan pengujian kembali :

95% Batas Pengulangan (dalam laboratorium) = 4.4%

95% Batas Pengujian Kembali (antara laboratorium) = 8.8%

13.1.3.1 Istilah yang ada di 13.1.3 (batas pengulangan dan batas pengujian kembali) digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam ASTM E 691. Setiap standar deviasi antara hasil pengujian yang berhubungan dengan angka-angka diatas dibagi 2.8, yaitu:

Standar Deviasi Pengulangan = 1,6%

Standar Deviasi Pengujian Kembali = 3,2%

13.2 Perkiraan – karena kekerasan bukan parameter dasar dari suatu material, tidak ada dasar untuk menentukan nilai referensi yang dapat diterima. Oleh karena itu, tidak ada dasar untuk memperkirakan angka kekerasan leeb pada metode ini.

B. VERIFIKASI PERANGKAT KEKERASAN LEEB

14 Ruang lingkup

14.1 Bagian B membahas mengenai tata cara verifikasi perangkat kekerasan leeb dengan metode blok standar.

15 Persyaratan umum

15.1 Sebelum perangkat kekerasan leeb diverifikasi, perangkat tersebut harus diperiksa untuk memastikan hal-hal berikut:

15.1.1 Baterai yang digunakan sudah terisi dan baterai yang rusak harus diganti.

15.1.2 Perangkat tumbukan harus besih dan bagian bulat di ujung impact body bebas dari kotoran (contohnya: debu, tanah, uap dan kerak, dan lain-lain).

15.1.3 Bagian ujung dari *impact body* bebas dari retak atau bagian yang cacat.

15.1.4 Blok uji diletakkan pada permukaan yang bersih, rata, dan di atas dudukan yang kuat.

16 Verifikasi yang menggunakan blok standar

16.1 Periksa perangkat kekerasan leeb dengan membuat dua tumbukan pada blok standar

16.2 Perangkat kekerasan leeb dikatakan terverifikasi jika pembacaan tunggal bernilai ±6 satuan HL dari nilai referensi. Perangkat yang belum terverifikasi tidak boleh digunakan untuk pengujian tanpa perbaikan dan verifikasi ulang.

C. KALIBRASI PERANGKAT KEKERASAN LEEB DENGAN BLOK STANDAR

17 Ruang lingkup

17.1 Bagian C membahas kalibrasi dari blok standar yang digunakan untuk verifikasi perangkat kekerasan leeb.

18 Pembuatan

18.1 Setiap blok uji harus dibuat dari baja dengan diameter tidak kurang dari $3^{1}/_{2}$ inchi (90 mm) berbanding tebal $2^{1}/_{8}$ in. (54 mm) untuk perangkat tumbukan D, DC, D+15, DL, C, S dan E sedangkan diameter $4^{3}/_{4}$ in. (120 mm) berbanding tebal $2^{3}/_{4}$ in. (70 mm) untuk perangkat tumbukan G. Kedua ujung permukaan yang berlawanan harus rata.

18.2 Setiap blok standar harus dipersiapkan secara spesifik dan diberikan perlakuan panas untuk mendapatkan nilai kekerasan yang spesifik dan seragam serta kestabilan blok standar.

18.3 Setiap blok standar harus dihilangkan sifat kemagnetannya oleh produsen dan harus dipertahankan oleh pengguna.

18.4 Permukaan yang tidak diuji harus diampelas maksimal setebal 250 µinci (7 µm).

18.5 Permukaan yang diuji harus dipoles atau diampelas dan bebas dari goresan serta kerusakan lain yang akan mempengaruhi sifat pantulan dari blok standar.

18.6 Pembersihan permukaan akhir tidak boleh melebihi 16 µinci (0.4 µm).

18.7 Untuk memastikan tidak adanya material yang hilang secara berkala dari permukaan blok standar, ketebalan blok standar harus ditandai pada permukaan dengan ketelitian ±0.001 inchi (± 0,025 mm) pada saat dilakukan kalibrasi.

19 Tata cara menstandarkan

19.1 Cara membakukan kekerasan blok standar adalah dikalibrasi dengan perangkat leeb yang sudah tersertifikasi dari produsen dan telah diverifikasi berdasarkan kebutuhan pada persyaratan B.

19.2 Membuat sepuluh tumbukan secara acak dengan membagi rata ke seluruh permukaan blok standar.

19.3 Nilai rata-rata hasil perhitungan dari seluruh hasil pembacaan adalah nilai kekerasan rata -rata blok standar.

20 Keseragaman kekerasan

20.1 Kecuali perbedaan antara nilai terbesar dan terkecil dari sepuluh pembacaan kurang dari 13 satuan leeb, blok standar tersebut dianggap tidak seragam untuk digunakan sebagai standardisasi.

21 Penandaan

21.1 Setiap blok stadar harus ditandai dengan :

21.1.1 Pada nilai kekerasan rata-rata dari perhitungan matematis yang didapatkan dari standar pengujian diberikan akhiran huruf yang menunjukkan perangkat yang digunakan (sebagai contoh, HLD)

21.1.2 nama atau logo dari pemasok

21.1.3 nilai ketebalan dari blok standar.

22 Kata kunci

22.1 Pengujian kekerasan dinamis; Equotip; Pengujian kekerasan equotip; kekerasan leeb; Pengujian kekerasan pantulan.

Lampiran A
(Informatif)

A.1 Standar pengujian kekerasan pantul kumparan tunggal berdasarkan prinsip leeb

A.1.1 Deskripsi umum

A.1.1.1 Terdapat delapan tipe perangkat tumbukan untuk pengujian kekerasan pantul berdasarkan prinsip leeb: D, DC, E, D+15, DL, C, S dan G. Perangkat tumbukan D dan E menjadi standar di bidang industry dan digunakan secara umum sejak pertama dikenalkan pada tahun 1975. Seiring dengan berjalannya waktu dengan pertimbangan kebutuhan-kebutuhan khusus alat ini dikembangkan jenisnya, lihat A1.4.

A.1.1.2 Sudah umum diketahui bahwa pembacaan L, untuk benda uji yang sama akan berbeda secara signifikan berdasarkan tipe perangkat yang digunakan. Hal ini disebabkan:

A.1.1.2.1 Energi tumbukan yang berbeda

A.1.1.2.2 Ukuran dan material intendor yang berbeda; dan

A.1.1.2.3 Perbedaan kekakuan dari *impact body*.

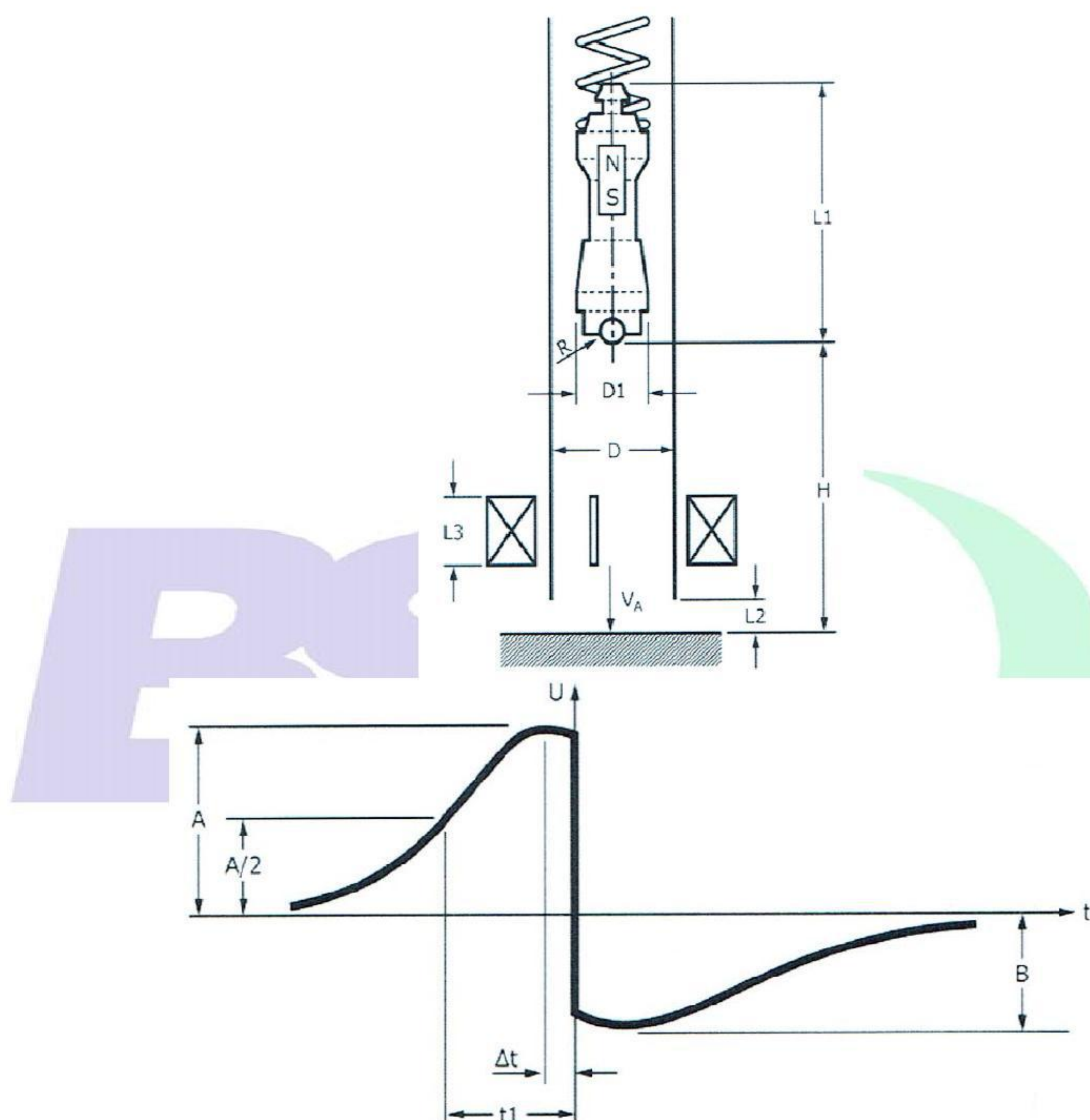
A.1.1.3 Keunggulan dari metode pengujian leeb adalah metode ini dapat digunakan ke segala arah. Walaupun begitu, arah pengujian tetap berpengaruh pada hasil. Setiap jenis alat memiliki sifat tersendiri mengenai arah tumbukan, sifat tersebut ditentukan oleh :

A.1.1.3.1 Kecepatan tumbukan dan tinggi jatuh bebas dari *impact body*; dan

A.1.1.3.2 Bentuk sinyal tegangan induksi, yang ditentukan dari kurva kecepatan terhadap waktu sertasifat dari sensor kumparan dan magnet permanen yang digunakan.

Gambar A1.1 - Perangkat tumbukan D

A1.1.4 Untuk perangkat standar pengujian kekerasan pantul kumparan tunggal, tipe kurva tegangan induksi yang digunakan terlihat pada Gambar A1.2 yang bentuknya berbeda untuk setiap jenis perangkat tumbukan. Kecepatan tumbukan dan pantulan dianggap sebanding dengan nilai A dan B tertinggi dari kurva sinyal, hal tersebut dapat menjadi perkiraan yang cukup baik untuk perangkat yang sedang dirakit sehingga nilai yang tertinggi tidak berbeda jauh dengan peningkatan sinyal yang dihasilkan tumbukan. Akan tetapi apabila nilai yang

dihasilkan terlalu dekat, kemampuan alat ukur akan memburuk, karena sinyal yang sering terganggu pada waktu yang berdekatan dengan terjadinya tumbukan. Lebar kurva sinyal cukup berpengaruh terhadap hasil, karena lebar kurva sinyal menentukan seberapa baik proporsi antara nilai B minimum dengan kecepatan pantulan.

Gambar A1.2 - Prinsip dari standar pengujian kekerasan leeb kumparan tunggal

A.1.1.5 Parameter lain yang sangat penting dalam menentukan nilai L aktual dari suatu material dengan nilai kekerasan yang telah ditentukan adalah energi tumbukan yang nilainya ditentukan dari kecepatan tumbukan, massa *impact body*, dan kekakuan material (yang akan menentukan jumlah energi yang diserap oleh *impact body*). Untuk menghasilkan arah acuan standar, kecepatan dan massa perlu dikelompokkan secara terpisah untuk memperoleh tinggi jatuh bebas yang tepat. Ini berarti energi tumbukan merupakan parameter yang paling penting untuk penentuan nilai L bagi seluruh pengujian kekerasan pantul yangmenggunakan delapan perangkat tumbukan standar dalam 6.1 dan dijelaskan dalam Tabel A1.1. Selain itu, nilai L juga bergantung pada geometri indentor dan sifat materialnya, terutama kekerasan dan elastisitas.

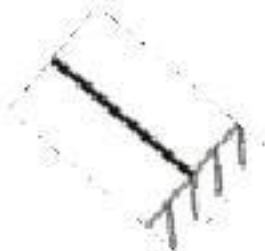
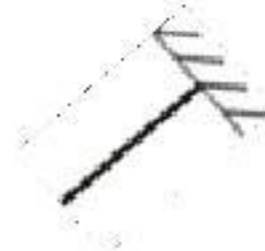
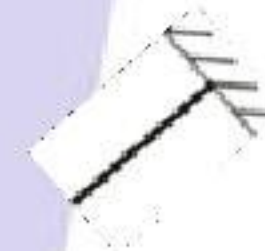
A1.1.6 Selain itu, efek perlambatan oleh *eddy current* dapat mempengaruhi hasil, sehingga bahan pembuat tabung harus ditentukan secara spesifik serta tindakan pencegahan khusus yang perlu dilaksanakan guna mengurangi *eddy current*.

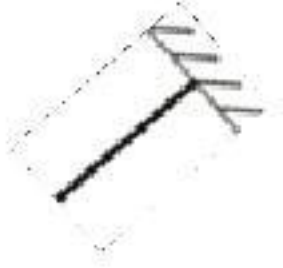
A.1.2 Spesifikasi standar pengujian kekerasanleeb kumparan tunggal

A.1.2.1. Tabel A1.1 merangkum spesifikasi bagi setiap perangkat tumbukan D/DC, E, D+15, DL, C, S dan G. Kumparan dan magnet permanen tidak ditetapkan secara gamblang. Kedua hal tersebut dipilih agar dapat memenuhi parameter-parameter yang telah ditetapkan dari sinyal tegangan induksi. Ketentuan dari beberapa parameter dapat dilihat pada Gambar. A1.2.

Tabel A1.1 - Spesifikasi standar perangkat uji kekerasan leeb kumparan tunggal

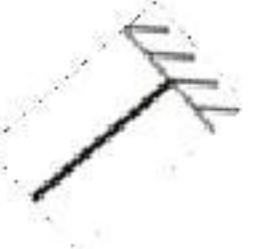
Properti	Simbol	Unit	D/DC	S	E	D+15	DL	C	G
Kecepatan tumbukan[A]	v_A	m/s	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	1.39 ± 2%	2.98 ± 1%
Massa bagian tumbukan	M	G	5.45 ± 0.05	5.45 ± 0.05	5.45 ± 0.05	7.80 ± 0.05	7.23 ± 0.05	3.00 ± 0.05	20.00 ± 0.05
material: St 18/8 nonmagnetik									
Panjang jatuh bebas	H	mm	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	15 ± 1
Material tabung: aluminium, nonmagnetik									
Celah eddy current			ya	ya	tidak	ya	ya	ya	tidak
Jari-jari indentor	R	mm	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5
material			TC[B]	Si_3N_4	PKD[C]	TC	TC	TC	TC
kekerasan	h	HV	1600 (typ)	1600 (typ)	5000 (typ)	1600 (typ)	1600 (typ)	1600 (typ)	1600 (typ)
Sinyal induksi, posisi puncak	t1	ms	0.55 ± 0.15	0.55 ± 0.15	0.55 ± 0.15	0.55 ± 0.15	0.55 ± 0.15	0.62 ± 0.20	0.55 ± 0.15
setengah dari lebar	Δt	ms	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	4.0 ± 30%	2.0 ± 30%

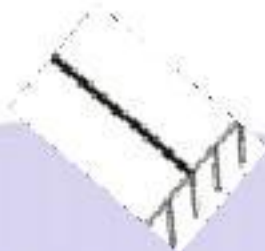
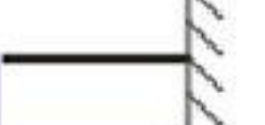
[A] Arah tumbukan: vertikal ke bawah
[B] TC = tungsten karbida
[C] PCD = polikristalinae diamond

A.1.3 Koreksiarah tumbukan

A1.3.1. Perangkat pengujian kekerasan pantul yang telah dirancang sesuai dengan spesifikasi di atas, selain akan memberikan pembacaan yang tepat untuk tumbukan vertikal ke arah bawah dapat juga memiliki karakteristik akibat dari sudut tumbukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel A1.2 sampai Tabel A1.9.

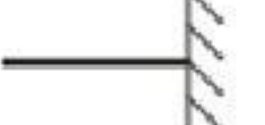
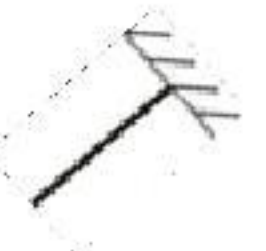
A.1.3.2. Tabel A1.2 sampai Tabel A1.9 dapat digunakan untuk perangkat yang hanya menggunakan rasio kecepatan untuk mengorek siarah pembacaan manual selain vertikal ke bawah. Untuk perangkat yang menggunakan mikroposesor, pengguna dapat mengatur arah tumbukan dan perangkat akan menampilkan nilai-nilai yang telah dikoreksi secara otomatis. Perangkat yang memiliki beberapa cara untuk menentukan sudut arah tumbukan dapat memberikan koreksi arah secara otomatis, sehingga tidak ada kemungkinan adanya kesalahan pengaturan perangkat oleh pengguna.

Tabel A1.2 - Koreksi arah tumbukan, probe D/DC

L_D (perangkat tumbukan jenis D/DC)				
300	-6	-12	-20	-29
350	-6	-12	-19	-27
400	-5	-11	-18	-25
450	-5	-10	-17	-24
500	-5	-10	-16	-22
550	-4	-9	-15	-20
600	-4	-8	-14	-19
650	-4	-8	-13	-18
700	-3	-7	-12	-17
750	-3	-6	-11	-16
800	-3	-6	-10	-15
850	-2	-5	-9	-14
900				

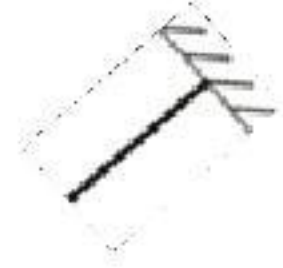
Tabel A1.3 - Koreksi arah tumbukan, probe E

L_E (perangkat tumbukan jenis E)				
300	-5	-9	-18	-26
350	-4	-9	-17	-24
400	-4	-9	-16	-22
450	-4	-8	-15	-21
500	-4	-8	-14	-20
550	-4	-8	-13	-18
600	-3	-7	-12	-17
650	-3	-7	-12	-16
700	-3	-6	-11	-15
750	-3	-6	-10	-14
800	-3	-5	-9	-13
850	-2	-5	-8	-12
900				

Tabel A1.4 - Koreksi arah tumbukan, probe D+15

L_{D+15} (perangkat tumbukan jenis D+15)				
300	-7	-14	-26	-38
350	-7	-13	-25	-36
400	-6	-12	-23	-34
450	-6	-12	-22	-32
500	-6	-11	-21	-30
550	-6	-11	-20	-28
600	-5	-10	-19	-27
650	-5	-10	-18	-25
700	-5	-9	-17	-24
750	-4	-9	-16	-25
800	-4	-8	-15	-21
850	-4	-8	-14	-20
900				

Tabel A1.5 - Koreksi arah tumbukan, probe C

L_C (perangkat tumbukan jenis C)		
300	-7	-15
350	-7	-14
400	-7	-13
450	-6	-13
500	-6	-12
550	-6	-11
600	-5	-10
650	-5	-10
700	-4	-9
750	-4	-8
800	-4	-7
850	-3	-6
900		

Tabel A1.6 - Koreksi arah tumbukan, probe G, baja

L_G (perangkat tumbukan jenis G untuk baja)				
300				
	-2	-5	-12	-18
350				
	-2	-5	-11	-17
400				
	-2	-5	-11	-16
450				
	-2	-5	-10	-15
500				
	-2	-5	-9	-14
550				
	-2	-5	-9	-13
600				
	-2	-5	-8	-12
650				
	-2	-5	-8	-11
700				
	-2	-5	-7	-10
750				

Tabel A1.7 - Koreksi arah tumbukan, probe G, material besi cor

L_G (perangkat tumbukan jenis G)				
350				
	-2	-5	-11	-17
400				
	-2	-5	-11	-16
450				
	-2	-5	-10	-15
500				
	-2	-5	-9	-14
550				
	-2	-5	-9	-13
600				

Tabel A1.8 - Koreksi arah tumbukan, probe DL

L_{DL} (perangkat tumbukan jenis DL)				
550				
	-3	-6	-11	-16
600				
	-3	-5	-10	-14
650				
	-2	-5	-9	-13
700				
	-2	-4	-7	-12
750				
	-2	-3	-6	-10
800				
	-2	-3	-5	-9
850				
	-2	-2	-4	-7
900				
	-2	-2	-3	-6
950				

Tabel A1.9 - Koreksi arah tumbukan, probe S

L_S (perangkat tumbukan jenis S)				
400				
	-4	-9	-16	-23
450				
	-4	-8	-15	-22
500				
	-4	-8	-14	-21
550				
	-4	-7	-13	-19
600				
	-3	-7	-12	-18
650				
	-3	-7	-12	-16
700				
	-3	-6	-11	-15
750				
	-3	-6	-10	-14
800				
	-3	-5	-9	-12
850				
	-2	-5	-8	-11
900				
	-2	-5	-7	-10
950				

A.1.4 Pedoman untuk memilih dan menggunakan perangkat tumbukan yang berbeda

Perangkat Tumbukan D

kekerasan maksimum	dimensi
sampai dengan 68 HRC	ø 20 x 147 mm

A.1.4.1 Satuan yang umum pada sebagian besar pengukuran kekerasan, memiliki rentang pengukuran yang luas. Dapat digunakan pada baja dan baja cor, baja perkakas dingin (*cold work tool steel*), baja tahan karat (*stainless steel*), besi cor (pipih dan *nodular graphite*), aluminium cor campuran, kuningan, perunggu, dan tembaga tempa campuran rendah. *Impact body* cenderung aus jika digunakan pada material dengan nilai kekerasan yang tinggi.

Perangkat Tumbukan DC

kekerasan maksimum	dimensi
sampai dengan 68 HRC	dimensi ø 20 x 86 mm

A1.4.2 Perangkat tumbukan jarak dekat mempunyai sifat dan aplikasinya sama dengan perangkat tumbukan D. Aplikasi khususnya di ruang terbatas, seperti lubang, silinder, atau pengukuran di dalam alat yang sedang dirakit dan konstruksi.

Perangkat Tumbukan D + 15

kekerasan maksimum	dimensi
sampai dengan 68 HRC	ø 20 x 162 mm

A1.4.3 Memiliki rentang aplikasi yang sama, seperti D/DC tetapi memiliki bagian depan yang ramping sehingga memungkinkan untuk pengukuran kekerasan di lubang dan retakan serta pada permukaan tersembunyi (*impact body* memanjang dan posisi kumparan diatas 15 mm).

Perangkat Tumbukan G

kekerasan maksimum	dimensi
maksimal hingga 646 HB	ø 30 x 254 mm

A1.4.4. Energi tumbukan mengalami peningkatan (rata-rata 9 kali dari tumbukan perangkat D). Dapat digunakan untuk rentang Brinell (*Brinell-range*) pada cor-coran dan besi tempa berbutir kasar dan besar, pada baja dan baja cor, besi cor (pipih dan *nodular graphite*) dan aluminium cor. Perangkat ini memerlukan pekerjaan akhir permukaan yang lebih sedikit jika dibandingkan pada perangkat tumbukan D untuk mendapatkan pembacaan yang akurat.

Perangkat Tumbukan E

kekerasan maksimum	dimensi
maksimum hingga 72 HRC	ø 20 x 155 mm

A1.4.5. Ujung *impact body* menggunakan berlian sintetis berbentuk bola (rata-rata 5000 HV). Material yang bisa diuji samadengan perangkat satuan standar D tetapi dengan rentang kekerasan yang diperluas. Dapat diaplikasikan pada pengukuran untuk kisaran tertinggi, misalnya, pada baja dan baja cor, stainless steel, baja perkakas dingin (*cold work tool steel*) dengan *karbida inclusion* dan dalam kumparan dengan kekerasan maksimal 1200 HV. *Impact body* tidak aus bahkan pada tingkat kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan perangkat D.

Perangkat Tumbukan C

kekerasan maksimum	dimensi
maksimum hingga 70 HRC	ø 20 x 141 mm

A1.4.6. Energi tumbukan mengalami penurunan (rata-rata 1/4 dari perangkat tumbukan D) sehingga meliputi rentang kekerasan yang agak lebih luas dari perangkat D. Alat ini dapat digunakan pada komponen dengan permukaan yang keras dan material yang diberi pelapis (*coating*). Ketebalan minimum lapisan adalah 0,3 mm dan dapat digunakan pada dinding atau komponen yang sensitif terhadap tumbukan (ukuran cekungan yang dihasilkan kecil). Material yang dapat diuji adalah baja dan baja cor, baja perkakas dingin (*cold work tool steel*) dan aluminium cor aluminium. Perangkat ini memerlukan pekerjaan akhir permukaanyang lebih baik dari perangkat tumbukan D.

Perangkat Tumbukan DL

kekerasan maksimum	dimensi
maksimum sampai dengan 68 HRC	ø 20 x 202 mm

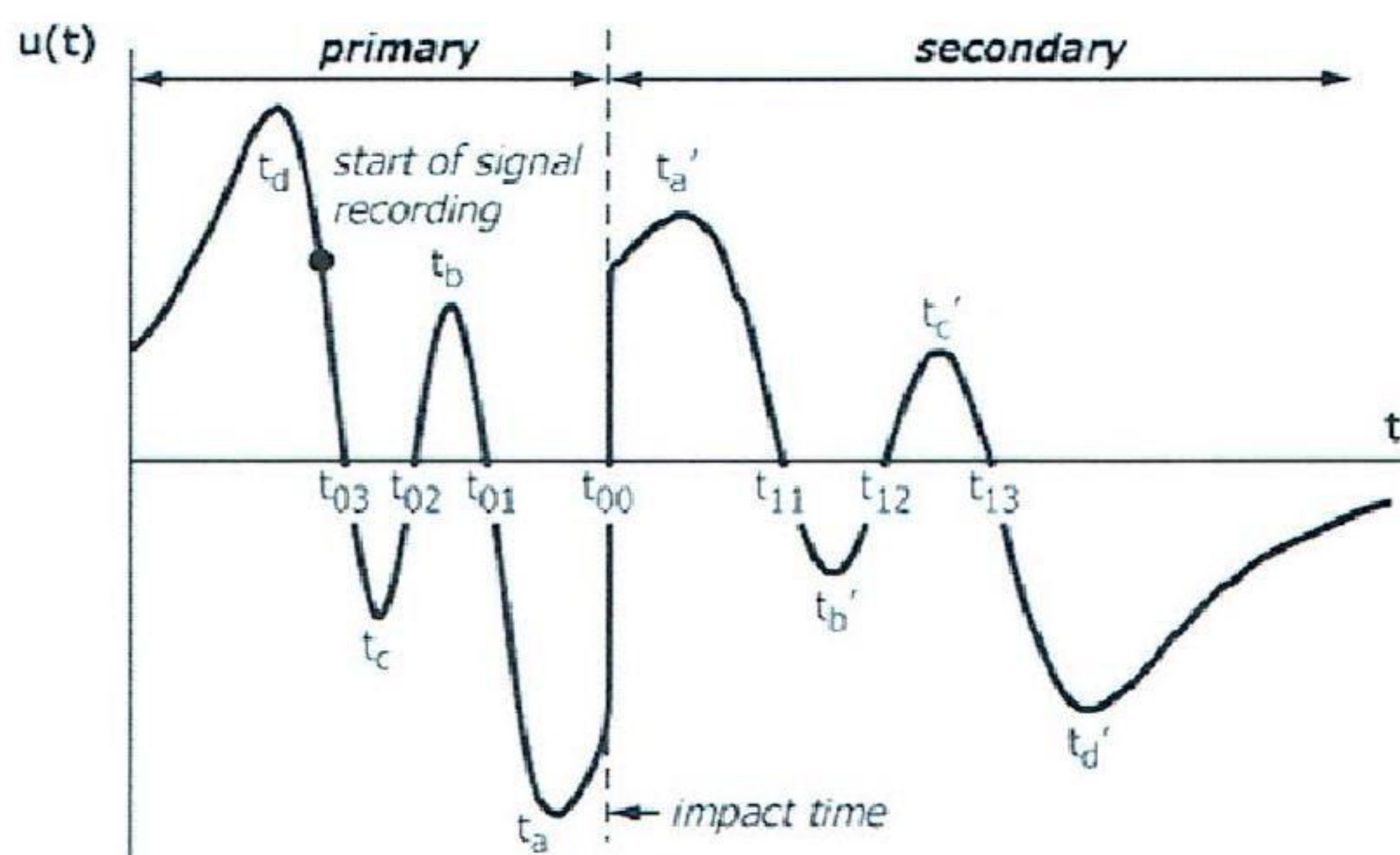
A1.4.7. Perangkat ini memiliki rentang penggunaan yang sama, seperti D + 15, tetapi memiliki bagian depan yang lebih ramping (ø 4 x 50 mm) sehingga dapat digunakan dalam ruang terbatas, seperti : bagian dasar lekukan, lubang bor, dan gigi-gigi alat.

A.2 Gambaran umum dan tata cara pengujian kekerasan leeb dengan perangkat kumparan jamak

A.2.1 Ruang Lingkup

A2.1.1. Metode pantulan yang dipatenkan oleh Krautkramer merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode leeb asli (lihat Lampiran A1). Pembacaan ukuran yang menggunakan metode terakhir tidak tepat karena percepatan gravitasi dan arahnya yang

tidak bebas. Karena hal tersebut, nilai yang dihasilkan akan selalu sejalan dengan nilai terkoreksi. Kelemahan ini tidak muncul pada instrumen yang beroperasi berdasarkan metode pantulan Krautkramer.

A2.1.2. Pada dasarnya arah pembacaan ukuran tergantung dari:

Gambar. A2.1 - Skema Signal Voltage yang Terbentuk dari *Impact Body* yang Berjalan Melalui Sistem Kumparan Krautkramer

A.2.1.2.1 Kesalahan kinematis disebabkan oleh gaya gravitasi dan gesekan (di lokasi pengukuran $t_a$terkait t_a'), jika pengukuran tidak dilakukan dalam waktu tumbukan t_{00} (lihat Gambar A2.1.); dan

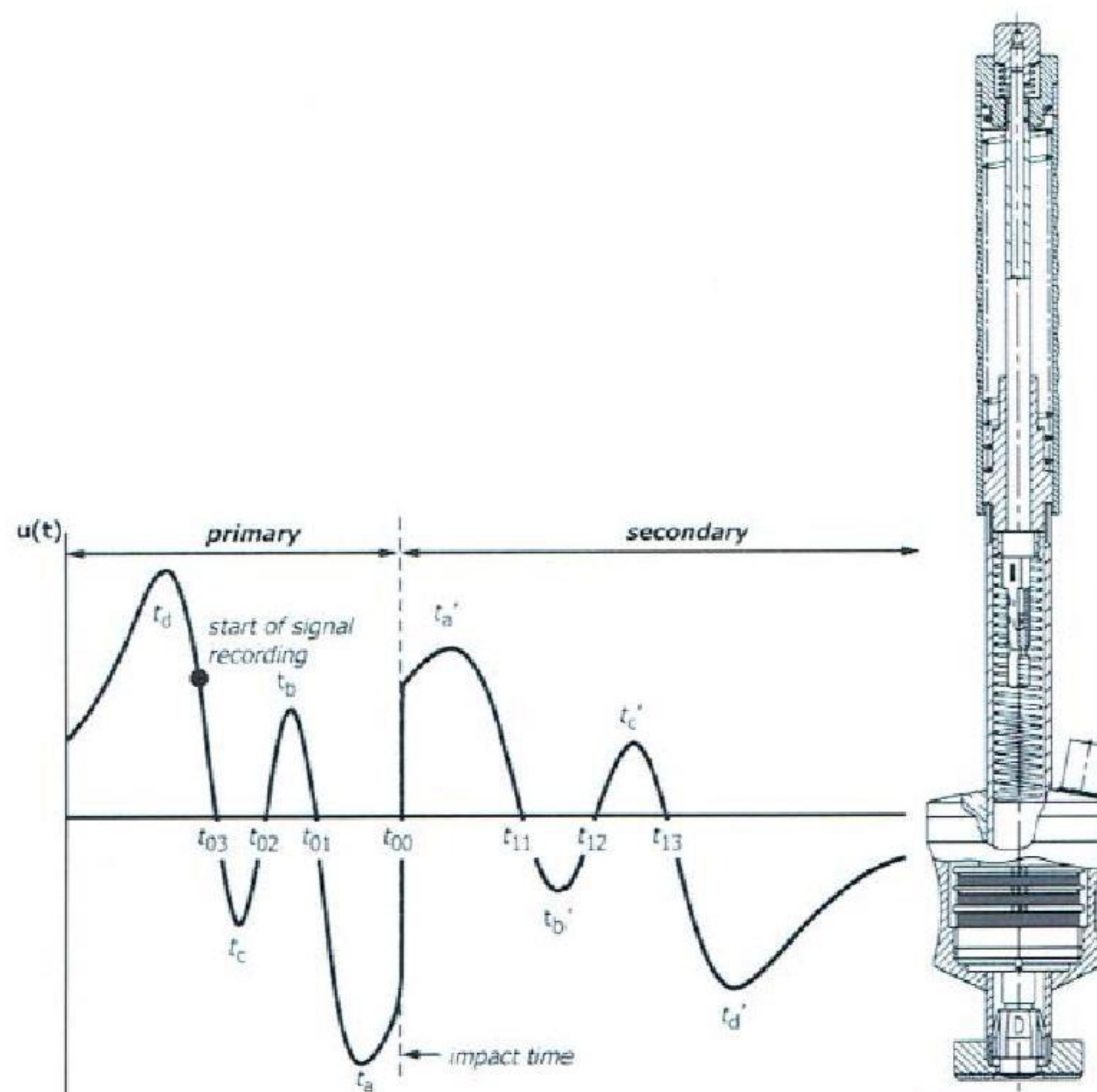
A.2.1.2.2. Perubahan dalam energi yang efektif serta berpengaruh, berdasarkan posisi terkait arah yang diterapkan.

A2.1.3. Efek yang pertama dapat dicegah oleh penilaian sinyal waktu yang dihubungkan dengan petunjuk letak *impact body*. Hal tersebut merupakan keuntungan dalam penyusunan *impact body* (magnet) dan kumparan sehingga sinyal tumbukan serta sinyal pantulan menggunakan setidaknya transisi dua nol (dalam hal ini 3) dari tegangan induksi sebagai pendukung untuk evaluasi kurva. Kurva lengkap dibuat dalam bentuk data digital untuk evaluasi dan dipetakan ke dalam memori instrumen.

A.2.1.4. Efek kedua berasal dari kalibrasi perangkat tumbukan untuk berbagai posisi penggunaan dan berbagai tingkat kekerasan.

A2.2. Deskripsi Umum Perangkat dan Prosedur Pengujian Kekerasan Leeb Menggunakan Perangkat Krautkramer

A2.2.1. Pengaruh Kesalahan Kinematik

A.2.2.1.1. Kurva sinyal sesuai dengan Gambar A2.1 dihasilkan selama *impact body* mengalami tumbukan sampai dengan pantulan kembalidengan menggunakan susunan kumparan yang mutakhir seperti dapat dilihat dalam Gambar. A2.2. Bagian pertama dari kurva (indeks diawali dengan "0") dihasilkan oleh tumbukan dan bagian kedua dari kurva (ditunjukkan dengan awalan "1") oleh pantulan kembali. Nilai dari T_{01}, T_{02}, T_{03}akan sejalan dengan T_{11}, T_{12}, T_{13} pada saat *impact body* berada pada posisi yang sama x (t_0) = x (t_1), juga x (T_{01}) = x (T_{11}); x (T_{02}) = x (T_{12}) dan x (T_{03}) = x (T_{13}).

Gambar A2.2 - Desain Perangkat Tumbukan Kraukramer tipe D

A.2.2.1.2. Digunakan aliran magnetik melalui kumparan terhadap permukaan A dengan persamaan A.2.1:

$$\phi(t) = \int_A B(r,t)dA \tag{A2.1}$$

Keterangan:
B (r, t) adalah medan magnet,
t adalah waktu, dan
r adalah posisi.

A.2.2.1.3 Peningkatan waktu dari tegangan pada kumparan dapat dihitung dengan persamaan A2.2 sebagai berikut:

$$u(t) = c\big(x(t)\big)v(t) \tag{A2.2}$$

Keterangan:
c (x (t)) adalah fungsi dari posisi *impact body* dan
v (t) adalah kecepatan *impact body*.

A.2.2.1.4 Rasio tegangan pada saat tumbukan terjadi, yaitu sebagaimana persamaan A2.3

$$h = \frac{v_t(0)}{v_0(0)} \tag{A2.3}$$

A.2.2.1.5 Menggunakan hukum reproduksi t_1 (t_0) menghasilkan x (t_0) = x (t_1 (t_0)) demikian juga c (t_0) = c (t_1 (t_0)) berada pada posisi yang sama yang akan menghasilkan nilai sebagaimana persamaan A2.4

$$\frac{u(t_1(t_0))}{u(t_0)} = \frac{c(x(t_1(t_0)))}{c(x(t_0))}\frac{v(t_1(t_0))}{v(t_0)} = \frac{v(t_1(t_0))}{v(t_0)} = v_{10}(t_0) \quad \text{(A2.4)}$$

A.2.2.1.6 Sehingga rasio tegangan induksi akan sama dengan rasio kecepatan pada saat-saat tertentu yang sesuai.

A.2.2.1.7 Kurva dengan tiga poin untuk hukum reproduksi t_1 (t_0) dapat dihasilkan setelah penentuan titik nol dari sinyal pengukuran. Hukum reproduksi yang lengkap dapat diperolehdari interpolasi titik-titik kurva di atas sehingganilai amplitudo yang sejalan u (t_1) dapat digunakan dalam penentuan setiap nilai tegangan u (t_0) sehingga rasio kecepatan (kecuali pada posisi nol) dapat dihitung. Pada akhirnya ekstrapolasitumbukan terjadi pada waktu yang diharapkan. Titik awal adalah rasio t_a'/t_a yang sesuai dengan pembacaan ukuran sebelum dikoreksi berdasarkan prinsip leeb (lihat Lampiran A1).

A.2.2.1.8 Metode tersebut menjamin nilai toleransi yang dapat diterima dengan turut mempertimbangkan karakteristik perangkat tumbukan yang tidak akan mengalami kesulitan apabila dilakukan pergantian *impact body* dan juga perangkat tersebut tidak memerlukan kalibrasi kembali. Akan etapi massanya harus tetap dijaga dengan toleransi yang tipis. Berlawanan dengan hal tersebut, posisi titik nol dan juga nilai minimum di t_a (pada jumlah tertentu) nilainya akan bervariasi tanpa mengakibatkan kekeliruan pembacaan yang perlu dipertimbangkan.

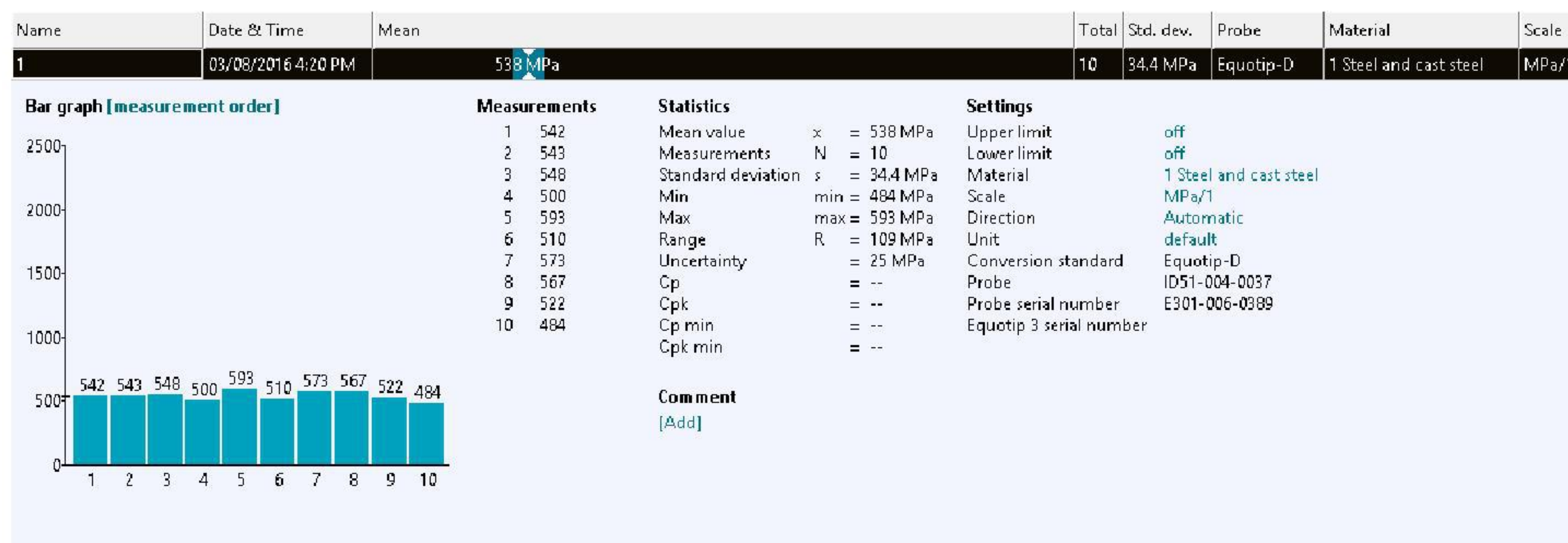
A2.2.2 Koreksi Energi Tumbukan pada Arah Tumbukan yang Berbeda dan Toleransi Perangkat Tumbukan

A.2.2.2.1. Perangkat tumbukan dikalibrasi untuk mengimbangi ketergantungan rasio kecepatan terhadap energi tumbukan serta perbedaan desain mekanis dari perangkat tumbukan. Untuk itu, nilai-nilai pantulan diukur, seperti diuraikan di atas, pada dua blok standar yang memiliki nilai kekerasan berbeda sebagai referensi. Masing-masing tiga pengukuran dilakukan untuk lima arah tumbukan, +90° (vertikal ke bawah), +60°, 0° (horizontal), -60° dan -90° (vertikal ke atas). Selain kekerasan, interval waktu Δ_t antara transisi dari posisi nol t_{o3} dan t_{01}dicatat dalam satuan yang memiliki 1/64 langkah pemindaian (kira-kira 0,7 µs). Hal tersebut merupakan ukuran untuk kecepatan *impact body*: kecepatan yang tinggi terjadi pada Δ_t yang kecil, kecepatan yang lebih rendah terjadi pada $\Delta_t$yang besar. Karena arah-arah yang berbeda selama tahapan pengukuran, akan diperoleh cakupan yang lengkap dari kisaran energi tumbukan yang terjadi ketika alat beroperasi.

A.2.2.2.2. Perbedaan antara Δ_h dari alat ukur kekerasan leeb yang belum dikalibrasi dan nilai referensi kekerasan dari blok standar terhadap Δ_t digambar untuk semua titik yang diukur dan hasil hubungan dari keduanya dikoreksi menggunakan garis lurus. Kemiringan dari garis tersebut disimpan dalam EPROM yang terdapat di dalam perangkat tumbukan bersamaan dengan nilai dari kekerasan blok standar yang dijadikan referensi serta posisi (Δt_0, Δh_0) titik-titik persimpangan dari kedua garis.

A.2.2.2.3. Jika pengukuran menghasilkan nilai kekerasan yang belum dikalibrasi untuk metode leeb berdasarkan pada Lampiran A1, kemiringan yang sesuai dengan garis koreksi ditentukan menggunakan interpolasi linier dari kemiringan yang diperoleh selama proses kalibrasi.

A.2.2.2.4. Ketergantungan dari hasil pengukuran terhadap perubahan gesekan juga perlu dipertimbangkan dalam batas-batas tertentu (selain ketergantungan pada arah tumbukan). Kedua efek tersebut mengakibatkan perubahan energi tumbukan. Selain itu, perbedaan-perbedaan kecil yang disebabkan oleh produksi akibat energi yang cukup potensial pada *impact body* yang mengalami tarik juga berpengaruh. Sementara informasi tentang koreksi kecepatan yang diperlukan pada dasarnya tercantum pada garis kemiringan dan penyimpangan karakteristik mekanis *probe* pada dasarnya dapat dilihat dalam pergeseran vertikal kurva.

LAMPIRAN
(CONTOH)

Dari contoh terlihat hasil pengujian kekerasan leeb dengan jenis material baja dan baja cor, konversi angka pantul tipe D, jumlah pantulan 10, dari arah tumbukan otomatis, hal tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perkiraan mutu baja rata-rata = 538 MPa
2. Deviasi standar = 34,4 MPa

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek/SubKomtek perumus SNI

Sub Komite Teknis 91-01-S2, *Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan*

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1	Dr. Deded Permadi Sjamsudin, M.Eng.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Ketua	Pemerintah
2	Prof. Dr.Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc	Universitas Tama Jagakarsa	Wakil Ketua	Pakar
3	Prof. Dr. Ir. H. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Sekretaris	Pemerintah
4	Dr. Ir. Siegfried, M.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Anggota	Pemerintah
5	Dr. Ir. Dwi Prasetyanto<MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota	Pakar
6	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota	Konsumen
7	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota	Konsumen
8	Ir. GJW Fernandez	PT. Belaputra Intinad	Anggota	Produsen
9	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota	Produsen

CATATAN:

Susunan keanggotaan Sub Komtek 91-01-S2 diatas adalah pada saat Standar ini ditetapkan. Anggota Komtek yang juga turut menyusun sebelum perubahan keanggotaan, adalah:

1. Dr. Eng. Ir. Herry Vaza M.Eng, Sc
2. Dr.Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc
3. Ir. Abinhot Sihotang, MT
4. Ir. Theresia Widia Liestiani

[3] Konseptor rancangan SNI

Nama	Lembaga
Yanu Ikhtiar Budiman, S.T., M.Eng.	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.